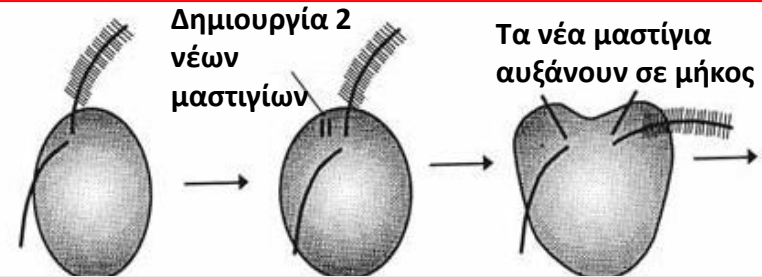


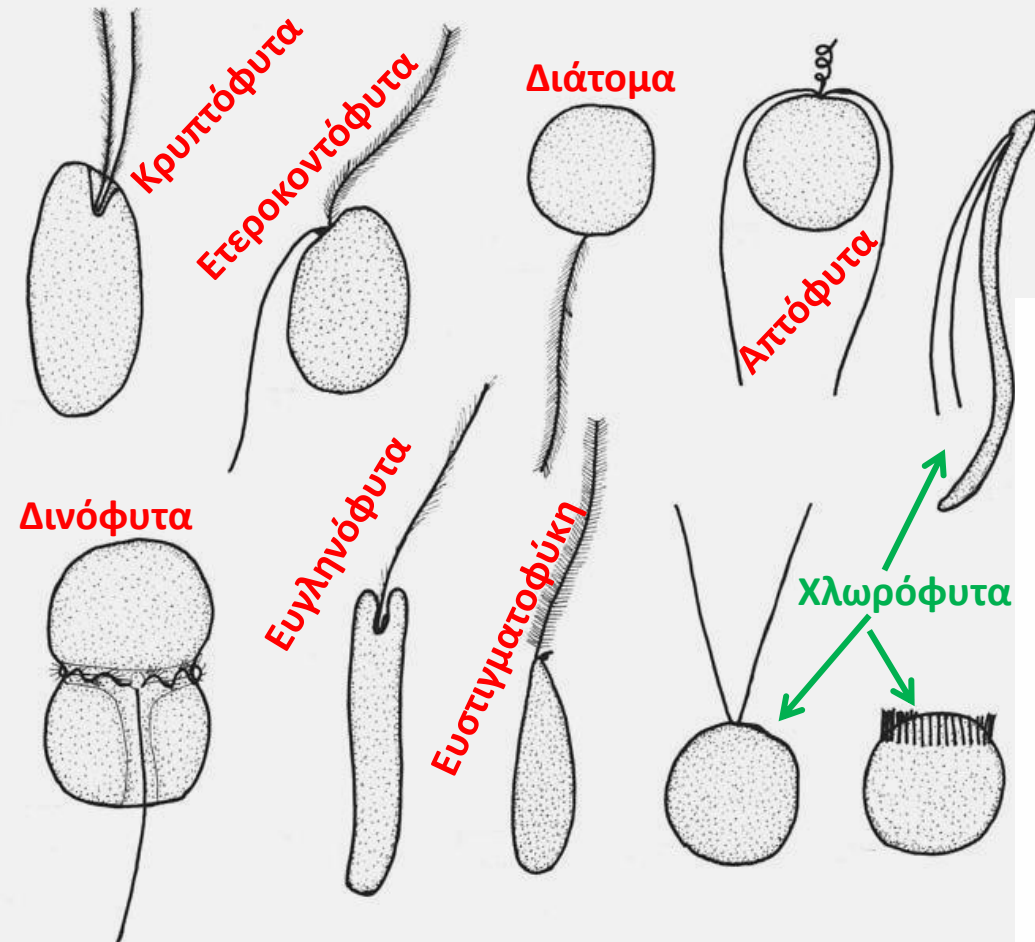
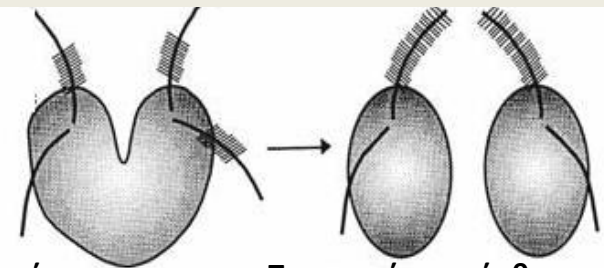
ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΦΥΚΗ - ΜΑΣΤΙΓΙΑ

Όλα τα Φύλα των ευκαρυωτικών φυκών εκτός των ροδοφύτων διαθέτουν **μαστίγια** στα κύτταρά τους (είτε αυτά είναι βλαστητικά είτε αναπαραγωγικά). Τα κυανοβακτήρια δεν διαθέτουν μαστίγια. Ο αριθμός και η μορφολογία των μαστιγίων ποικίλλουν ανάλογα με την κατηγορία των φυκών. Τα περισσότερα **μικροφύκη** διαθέτουν μαστίγια και στα βλαστητικά και στα αναπαραγωγικά τους κύτταρα (γαμέτες). Τα **μακροφύκη** μόνο στα αναπαραγωγικά. Τα μαστίγια προωθούν το κύτταρο στο νερό.

Η **κυτταρική μεμβράνη** στο σημείο έκφυσης των μαστιγίων δεν διασπάται αλλά επεκτεινόμενη **καλύπτει** την επιφάνεια των μαστιγίων καθ' όλο το μήκος τους. Η **κυτταρική διαίρεση** περιλαμβάνει και το **διπλασιασμό** των μαστιγίων.



ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΚΑΙ ΜΑΣΤΙΓΙΑ ΣΤΑ ΕΤΕΡΟΚΟΝΤΟΦΥΤΑ

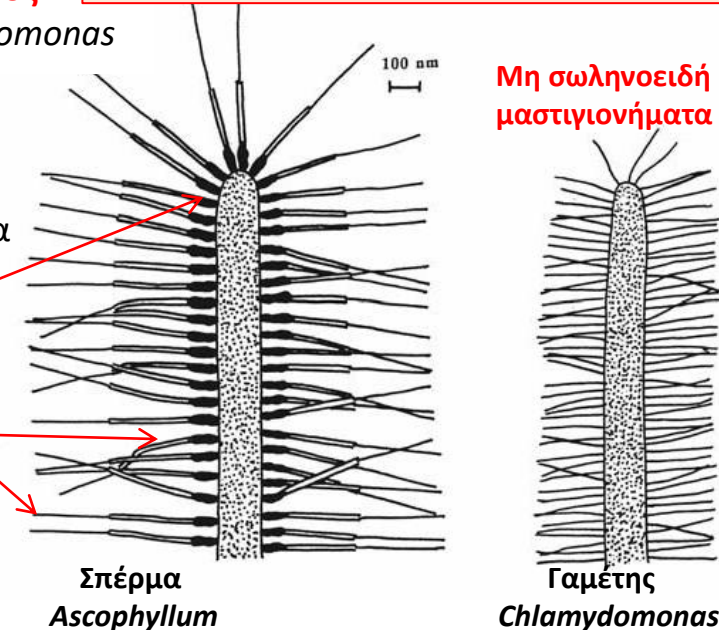
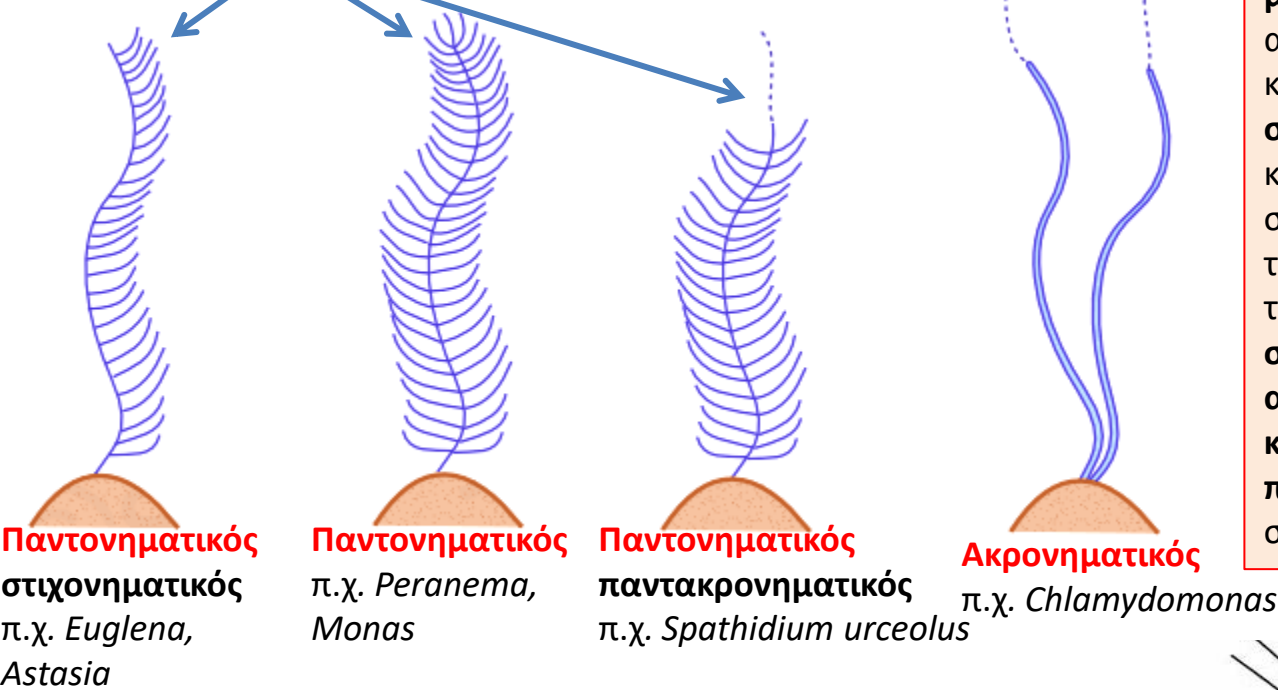


ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΦΥΚΗ – ΤΥΠΟΙ ΜΑΣΤΙΓΙΩΝ

Παντονηματικός τύπος μαστιγίου

Ακρονηματικός

Σε αντίθεση με τα μη σωληνοειδή μαστιγιονημάτια τα οποία αναπτύσσονται από τη μεμβράνη που καλύπτει τον άξονα του μαστιγίου, τα σωληνοειδή μαστιγιονημάτια κατασκευάζονται (η βάση τους και ο σωληνοειδής άξονας) στον χώρο μεταξύ της εξώτερης και εσωτέρας μεμβράνης του πυρήνα. Κατόπιν περνούν στο σωμάτιο Golgi όπου προστίθεται το ακραίο τριχίδιο. Τελικώς μέσω κυστιδίων Golgi μεταφέρονται στην πλασματική μεμβράνη και κολλούν στη σχηματιζόμενη μαστιγιακή μεμβράνη.

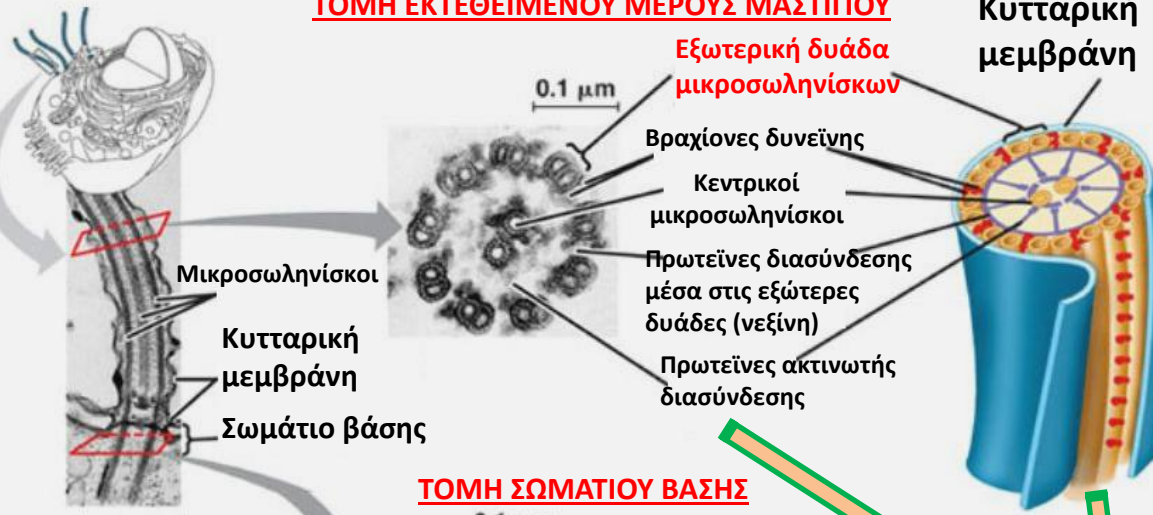


Τα παντονηματικού τύπου μαστίγια καλύπτονται από τριχίδια-μαστιγιονημάτια που αυξάνουν την επιφάνεια του μαστιγίου με αποτέλεσμα καλύτερη προωθητική ικανότητα. Τα μαστιγιονημάτια διακρίνονται σε: **σωληνοειδή** (~2 μm) όπου διακρίνονται 3 μέρη τους (τριμερή), η **βάση** (~0,2μm) η οποία δεν διαπερνά τη μεμβράνη του μαστιγίου αλλά είναι κολλημένη σε αυτή, ο **σωληνοειδής άξονας** (~1 μm) και το **ακραίο τριχίδιο** (~0,6 μm). Σωληνοειδή μαστιγιονημάτια έχουν τα ετεροκοντόφυτα φύκη.

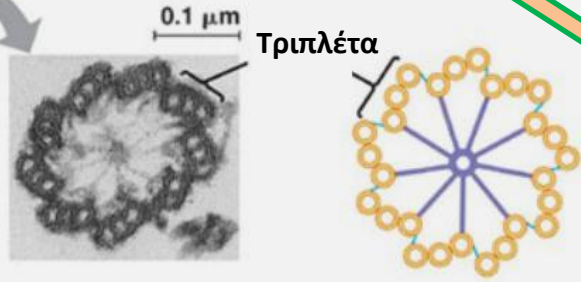
Μη σωληνοειδή αποτελούμενα από εύκαμπτα τριχίδια (1-3μm) από γλυκοπρωτεΐνες (όλα τα άλλα φύκη εκτός από τα ετεροκοντόφυτα).

ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΦΥΚΗ – Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΑΣΤΙΓΙΟΥ

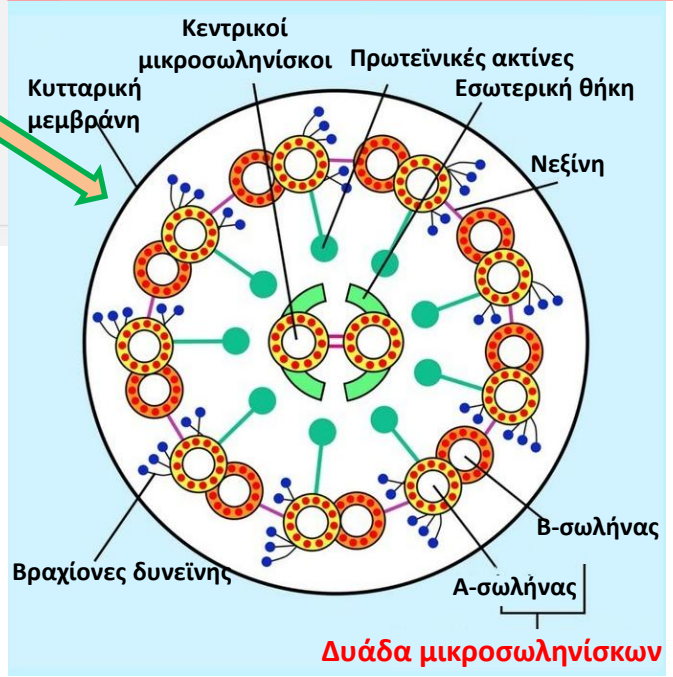
ΤΟΜΗ ΕΚΤΕΘΕΙΜΕΝΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΜΑΣΤΙΓΙΟΥ



ΤΟΜΗ ΣΩΜΑΤΙΟΥ ΒΑΣΗΣ



Στα ευκαρυωτικά κύτταρα που διαθέτουν **μαστίγιο/α** ή **βλεφαρίδες** (πρώτιστα, ζώα, κάποια φυτά, ορισμένοι μύκητες) η δομή αυτών των κατασκευών (μαστίγια και βλεφαρίδες) είναι ίδια και ονομάζεται «**9+2**» λόγω ακριβώς της διάταξης των **μονάδων μικροσωληνίσκων** από τις οποίες αποτελούνται.



Το **μαστίγιο** είναι μια **θαυμαστή δομή** η οποία αποκτά ευλυγισία λόγω ακριβώς της πολυπλοκότητας των επιμέρους δομών που την αποτελούν. Το μαστίγιο καλύπτεται από την **κυτταρική μεμβράνη** η οποία παρουσιάζει **συνέχεια** με το υπόλοιπο μέρος του κυττάρου. Εσωτερικώς, το εκτεθειμένο μέρος του μαστιγίου αποτελείται από **περιφερειακώς** και **συμμετρικώς** τοποθετημένες **9 δυάδες μικροσωληνίσκων**, ενώ στο μέρος όπου «ριζώνει» στο κυτταρόπλασμα (**σωμάτιο βάσης**) οι δυάδες μικροσωληνίσκων γίνονται **τριπλέτες**. Στο **κέντρο** του εκτεθειμένου μέρους του, το μαστίγιο φέρει 2 ανεξάρτητους μικροσωληνίσκους οι οποίοι εξαφανίζονται σε σημείο λίγο πριν το σωμάτιο βάσης του μαστιγίου. Διάφορες **πρωτεΐνες** (**δυνεΐνη**, **νεξίνη**, **πρωτεϊνικές ακτίνες**) διασυνδέουν κατάλληλα τους μικροσωληνίσκους.

ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΦΥΚΗ – ΤΟ ΔΟΜΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΤΩΝ ΜΑΣΤΙΓΙΩΝ

Η δομή του μαστιγίου με τους **μικροσωληνίσκους** που την απαρτίζουν, αποκτά σταθερότητα και σχήμα επειδή αυτοί οι μικροσωληνίσκοι δρουν ως ο εύκαμπτος «σκελετός» του μαστιγίου.

Η φύση έχει εξελίξει παρόμοιες δομές που προσδίδουν **μηχανική υποστήριξη** και στο κυτταρόπλασμα του κυττάρου. Χωρίς τον εύπλαστο **κυτταροσκελετό** που διατηρεί το κυτταρικό σχήμα, σταθεροποιεί τη θέση οργανιδίων, ενζύμων, χρωστικών κ.λπ, το κυτταρόπλασμα θα ήταν μια ακανόνιστα ρευστή υδαρής μάζα. Το πλέγμα του κυτταροσκελετού αποτελείται από μικροσωληνίσκους οι οποίοι συναρμολογούνται (και αποσυναρμολογούνται) από δομικές πρωταρχικές μονάδες των πρωτεϊνών **α-** και **β-τουμπουλίνης** ενωμένες σε δυάδα (**διμερές τουμπουλίνης**). Η δημιουργία ενός μικροσωληνίσκου αρχίζει με μια επίπεδη διάταξη μονάδων τουμπουλίνης σχηματίζοντας 13 στήλες διμερών. Κατόπιν η επιφάνεια διπλώνει σχηματίζοντας «κύλινδρο» στο άκρο του οποίου προστίθενται νέα διμερή και ο «κύλινδρος» επιμηκνόμενος σπειροειδώς σχηματίζει τον μικροσωληνίσκο.

Φωτογραφία από κύτταρο επιδερμίδας ψαριού
Τα κοκκία των χρωστικών εξαπλώνονται ή μαζεύονται ακολουθώντας το «μονοπάτι» που σχηματίζουν οι μικροσωληνίσκοι.



Επιμήκυνση μικροσωληνίσκου με πρόσθεση διμερών τουμπουλίνης στο άκρο της σπείρας.

α-τουμπουλίνη

Διμερές τουμπουλίνης

β-τουμπουλίνη

Μικροσωληνίσκος



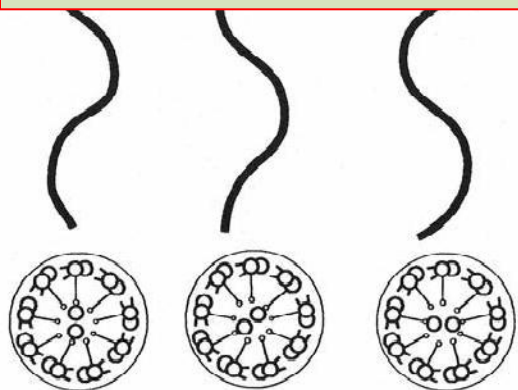
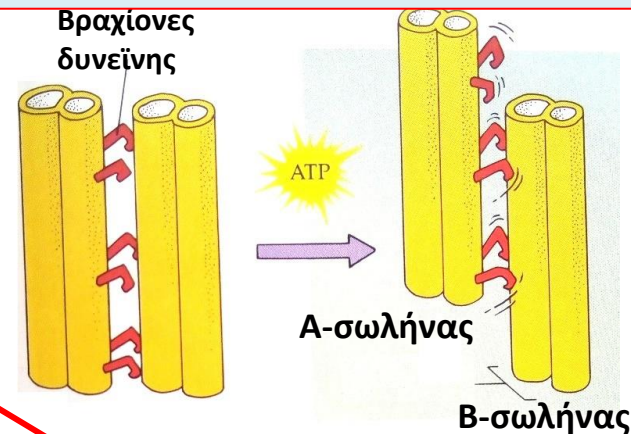
ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΦΥΚΗ – ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΜΑΣΤΙΓΙΟΥ

Η κίνηση του μαστιγίου προκαλείται από τον εξής μηχανισμό: Οι βραχίονες της εύκαμπτης πρωτεϊνης **δυνείνη** είναι προσκολλημένοι στον κάθε **A-σωλήνα** (μικροσωληνίσκο) της κάθε δυάδας των εξωτερικών (περιφερειακών) μικροσωληνίσκων ενώ το άλλο άκρο τους εκτείνεται μέχρι τον **B-σωλήνα** της γειτονικής δυάδας. Η δυνείνη είναι ένα **μηχανο-ένζυμο** που καταλύει την **υδρόλυση** του **ATP**. Η προκύπτουσα ενέργεια χρησιμοποιείται από τη δυνείνη για να «**γαντζωθεί**» σε ένα άλλο σημείο του B-σωλήνα κατά μήκος αυτού προκαλώντας ένα είδος **ολίσθησης** των δυάδων μικροσωληνίσκων μεταξύ τους.

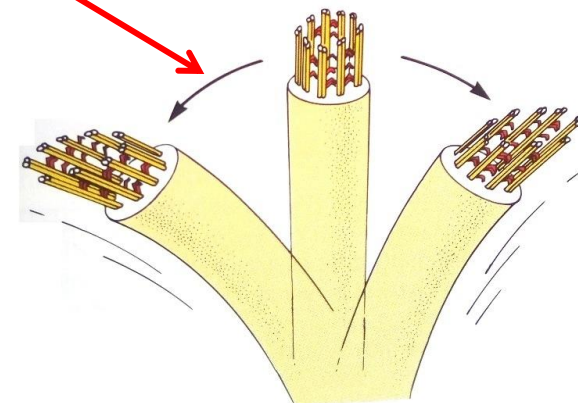
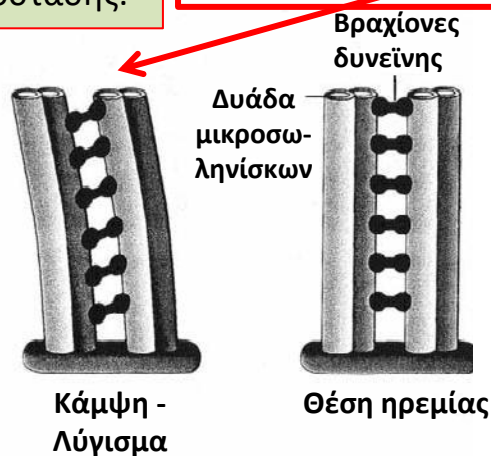
Πρωτεΐνες κινετίνης είναι η γενεσιουργός αιτία της **ολίσθησης** των δυάδων. Η κινετίνη προκαλεί **περιστροφή** της θέσης του **κεντρικού ζεύγους** μικροσωληνίσκων. Η περιστροφή μεταδίδεται ως ερέθισμα μέσω των **πρωτεϊνών-ακτίνων** στη δυνείνη και προκύπτουν τα παραπάνω περιγραφέντα. Οι πρωτεΐνες-ακτίνες αποτρέπουν την ολίσθηση των δυάδων πέραν μιας απόστασης.

Οι βραχίονες δυνείνης κινούνται συγχρονισμένα με τα άκρα της μιας πλευράς τους κατά μήκος της απέναντι δυάδας μικροσωληνίσκων προκαλώντας έτσι **λύγισμα** του μαστιγίου.

Η κίνηση αυτή της **δυνείνης** επαναλαμβανόμενη θυμίζει «**σκαρφάλωμα** γάτας σε δέντρο». Ο **B-σωλήνας** αποτελεί την **τροχιά** και ο **A-σωλήνας** το **φορτίο**. Αποτέλεσμα αυτών είναι η μετατόπιση των δυάδων μεταξύ τους με αποτέλεσμα το **λύγισμα του μαστιγίου**. Τα διαδοχικώς επαναλαμβανόμενα ταχύτατα λυγίσματα προκαλούν κυματοειδή κίνηση του μαστιγίου δημιουργώντας **πρώθηση**.



Η περιστροφή του κεντρικού ζεύγους



ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΦΥΚΗ – Η ΕΝΩΣΗ ΜΑΣΤΙΓΙΟΥ - ΚΥΤΤΑΡΟΠΛΑΣΜΑΤΟΣ

Το μέρος του μαστιγίου που βρίσκεται μέσα στο κυτταρόπλασμα αποτελεί ένα διαφοροποιημένο τμήμα του όπου οι δυάδες των μικροσωληνίσκων του έχουν γίνει **τριπλέτες** και το κεντρικό ζεύγος των μικροσωληνίσκων δεν υπάρχει. Το τμήμα αυτό που ονομάζεται **σωμάτιο βάσης** και πρέπει να το φανταστούμε σαν τη «**ρίζα**» του μαστιγίου, συνδέεται με τις άλλες δομές του κυτταροπλάσματος και στερεώνεται στη θέση του με ποικίλες κυτταροπλασματικές κατασκευές.

Υπάρχουν εκτεταμένες στο κυτταρόπλασμα **ρίζες μικροσωληνίσκων**, διάφορες ειδικές ίνες (**ίνα σύστημα I, συσταλή ίνα II, συνδετική ίνα**) που ενώνουν το σωμάτιο βάσης με το κυτταρόπλασμα.

Όπως είναι φυσικό να το φανταστούμε, οι διάφορες κυτταροπλασματικές αντιδράσεις προκαλούν την κατάλληλη κίνηση αυτών των ινών προκαλώντας τις κατάλληλες κινήσεις-συστροφές του σωματίου βάσης. Αυτός ο ερεθισμός του σωματίου βάσης ενεργοποιεί κατόπιν όλες τις άλλες προηγούμενως περιγραφείσες κινήσεις των δυάδων στο εσωτερικό του μαστιγίου.

